

Reavaliação do sistema de drenagem urbana com comparação de indicadores de fragilidade

Estudo de caso: área de drenagem do canal auxiliar do rio Criciúma

Pablo Gabriel Chiele (1), Flavia Cauduro (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) pablo_chiele@unescc.net, (2) engflaviacauduro@gmail.com

Resumo: O município de Criciúma - SC sempre enfrentou problemas provocados pela falta de planejamento da drenagem urbana. A fim de diagnosticar tais problemas, em 2011, um estudo denominado “Avaliação do Sistema de Drenagem Pluvial Urbana com Aplicação do Índice de Fragilidade. Estudo de Caso: Microbacia do Rio Criciúma, SC” avaliou através do uso de Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS) as condições da drenagem do município. Este estudo foi realizado antes que obras importantes fossem realizadas na macrodrenagem do município, como o canal auxiliar de drenagem para o rio Criciúma, que foi uma grande obra que mudou todo o sistema de drenagem da região analisada. Por isso, o presente estudo traz um diagnóstico atual da situação da drenagem do município após a construção do canal auxiliar, através da comparação de IFS, que é uma metodologia muito eficiente, pois aponta as falhas e auxilia no direcionamento das medidas corretivas de forma mais rápida e eficiente.

Palavras-chave: drenagem urbana; indicadores; avaliação de drenagem; Criciúma; alagamentos.

Abstract: The municipality of Criciúma - SC has always faced problems caused by the lack of planning of its urban drainage. In order to diagnose these problems, in 2011, a study entitled “Evaluation of the Urban Rainwater Drainage System with Application of the Fragility Index. Case Study: Criciúma River Basin, SC”, using the System Fragility Indicators (IFS) as drainage conditions of the municipality. This study was carried out before the important works carried out in the municipality's macrodrainage, such as the auxiliary drainage channel for the Criciúma river, which was a major work that changed the entire drainage system of the analyzed region, so the present study brings a diagnosis The current situation of drainage of the municipality after the construction of the auxiliary canal, through the comparison of the IFS, which is a very efficient methodology, as it indicates failures and aid in the direction of corrective measures more quickly and efficiently.

Key-words: urban drainage; indicators; drainage assessment; Criciúma; flooding.

Introdução

A drenagem é um complexo de medidas que tem por finalidade diminuir o agravo causado pelas inundações, proteger a população e propiciar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, ágil e sustentável (TUCCI, 2001). O sistema de drenagem deve ser bem planejado e executado, pois como afirma Back (2013), as chuvas intensas nas áreas urbanas podem causar problemas de alagamento de ruas e inundações em áreas residenciais e comerciais com elevados prejuízos econômicos.

O saneamento básico das grandes cidades brasileiras encontra-se numa situação caótica, principalmente no que diz respeito à coleta e tratamento de esgotos domésticos e a drenagem urbana (CANHOLI, 2005). Ainda segundo Canholi (2005) os problemas de drenagem devem ser tratados de forma integrada com outros problemas urbanos ligados a água. É essencial a conexão do planejamento da cidade com o planejamento do uso da água urbana, tratado no âmbito da pequena bacia hidrográfica urbana.

Como muitos municípios brasileiros, Criciúma também sofre graves consequências devido à falta de planejamento da drenagem. Segundo IPAT/UNESC (2012) o município tem sofrido constantemente com as consequências das cheias de bacias urbanas, onde há impermeabilização do solo, provocando uma redução da infiltração e um aumento do escoamento superficial.

Para Krebs et al (2006), os problemas de alagamento de Criciúma são decorrentes da ocupação urbana desordenada; atividades de mineração e beneficiamento de carvão realizadas em épocas passadas e que contribuíram para o assoreamento dos cursos d'água; edificações e ruas construídas à margem do rio; subdimensionamento e obstrução do sistema de micro e macrodrenagem.

A fim de analisar a microbacia do rio Criciúma, Steiner (2011) desenvolveu o estudo denominado “Avaliação do Sistema de Drenagem Pluvial Urbana com Aplicação do Índice de Fragilidade. Estudo de Caso: Microbacia do Rio Criciúma, SC”. Esse estudo proporcionou uma análise da microbacia do rio Criciúma, verificando-se através de Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS), os locais onde problemas na infraestrutura de drenagem eram mais graves.

Para solucionar os graves problemas de alagamentos enfrentados pelo município, em 2010, iniciou-se a construção do canal auxiliar de drenagem para o rio Criciúma. Este canal auxiliar foi concluído em 2019, modificando a macroestrutura de drenagem do município. Devido a esse fato, o artigo tem como objetivo geral reavaliar o sistema de drenagem urbana de Criciúma - SC através da aplicação de Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS).

Materiais e métodos

O presente estudo foi realizado no município de Criciúma -SC, que está localizado no estado de Santa Catarina e possui uma área de 236 km² a 46 m acima do nível do mar, com uma população estimada em 192.308 habitantes (IBGE, 2010). Na região central da parte urbana do município há a pequena bacia formada pelo rio Criciúma e seus afluentes, conforme demonstra a Figura 1. Esta bacia drena uma área de 18,59 km² e deságua no rio Sangão, afluente do Mãe Luzia, uma das sub-bacias da bacia do rio Araranguá. (STEINER, 2011).

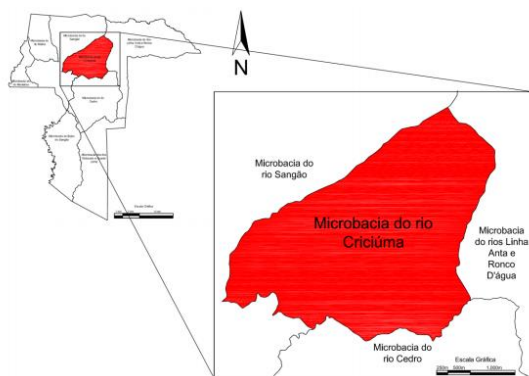


Figura 1. Localização da Bacia do rio Criciúma (IPAT – UNESC, 2012)

O rio Criciúma tem segmentos em canal aberto e segmentos canalizados por galerias. Muitos pontos do rio estão sem acesso, pois foram construídos prédios, casas e ruas sobre ele (PROSUL, 2009). Devido a sua precariedade foi desenvolvido o projeto do canal auxiliar de drenagem que apresenta as seguintes características: Canal com 1790 metros em concreto com seção dupla; Construção de 16 caixas de passagem. Construção de um bueiro auxiliar na

avenida Centenário; Reconstrução de quatro pontes; Desassoreamento do leito do rio da rua Araranguá até a avenida Centenário, conforme esquematiza a Figura 2. (OLIVEIRA, 2015).



Figura 2. Canal auxiliar de drenagem do rio Criciúma

Ao longo de sua extensão, o rio recebe a contribuição de dezessete afluentes considerados de primeira ordem (STEINER, 2011). Esses dezessete afluentes foram utilizados por Steiner (2011) como Pontos de Estudo (PE), conforme demonstra a Figura 2 (a). Dentre os dezessete Pontos de Estudo estabelecidos por Steiner (2011) oito destes apresentam área de influência de drenagem para o canal auxiliar, conforme Figura 2 (b). O presente estudo, aplicou os Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS) nestes oito PE, e estes foram comparados com os IFS obtidos por Steiner (2011), obtendo assim uma relação comparativa entre os problemas de drenagem antes e após a construção do canal auxiliar.

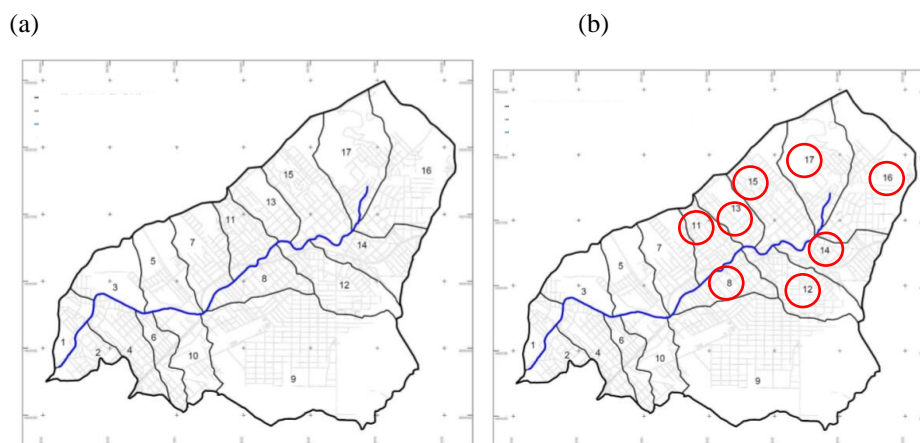


Figura 2. (a) Pontos de Estudos utilizados por Steiner (2011) (IPAT – UNESC, 2012). (b) Pontos de Estudo utilizados neste estudo (Fonte: Oliveira, 2015).



Os indicadores utilizados neste estudo foram obtidos conforme a metodologia IFS, desenvolvido por Bruno Jardim da Silva e colaboradores, na Elaboração do Componente Drenagem do Plano Municipal de Saneamento Ambiental do Município de Alagoinhas - BA em 2004, e posteriormente adaptado por Laura Steiner, em seu Trabalho de Conclusão de Curso. Para fins comparativos, no presente trabalho foi utilizado o método adaptado por Steiner (2011). A Tabela 1, esclarece todos os fatores que foram analisados no presente estudo.

Tabela 1. Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS) e abordagem aplicada no estudo. (Fonte: Silva (2004), adaptado por Steiner (2011))

Natureza	Indicadores e abordagem adotada neste estudo
Tecnológico	✓ Ineficiência do escoamento nas vias: consideram-se áreas com predominância de planícies, as quais facilitam o alagamento.
	✓ Ineficiência dos dispositivos de coleta: equivalem aos equipamentos que compõem o sistema de microdrenagem.
	✓ Interferência inadequada no trânsito de veículos: situação do trânsito de veículos em geral, em meio a um alagamento.
	✓ Interferência inadequada no movimento de pedestres: deslocamento dos pedestres em meio a um alagamento.
	✓ Redução da vida útil dos pavimentos e acessos: estado as quais as vias se encontram após ocorrência de chuvas intensas.
Ambiental	✓ Degradação física dos terrenos: consideram-se terrenos baldios e áreas com maiores declividades, as quais facilitam a produção de sedimentos.
	✓ Favorecimento da produção de sedimentos: consideram-se locais próximos a áreas verdes, terrenos baldios, áreas com maiores declividades, ou seja, fatores que produzem maior quantidade de sedimentos.
	✓ Ocorrência de alagamentos: áreas onde ocorrem alagamentos.
	✓ Contribuição para o alagamento de outro PE
	✓ Deposição de resíduos gerais nas vias públicas: descarte de todos os tipos de resíduos em locais públicos.
Institucional	✓ Assoreamento do corpo receptor: processo ocasionado pelo acúmulo de resíduos, entulho e outros detritos no fundo dos rios.
	✓ Elevação dos gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos: os equipamentos equivalem a obras destinadas a utilização pública como: rodoviárias; escolas; postos de saúde; hospitais; terminais; corpo de bombeiros; praças; delegacias; fórum; etc.
	✓ Aumento da demanda de recursos financeiros para a implantação de obras: recursos financeiros necessários para corrigir a falha de obras já existentes.
	✓ Ineficiência operacional: falta de capacidade de manter o sistema de microdrenagem

Para cada Ponto de Estudo foram analisados os IFS. Os indicadores receberam valor 0 (zero) quando não foi observada manifestação no PE; 0,5 quando a manifestação do indicador

foi considerada moderada, ou seja, o indicador existe na área em estudo, mas não de forma agravante, e 1,0 quando a manifestação observada era considerada relevante (STEINER, 2011).

Para obter o Índice Geral de Fragilidade (IGF) foram atribuídos pesos para os problemas de natureza tecnológica, ambiental e institucional nos valores de 2, 3 e 1, respectivamente, conforme proposto por Silva (2004) e utilizado por Steiner (2011). O resultado da soma dos IFS é multiplicado pelo valor atribuído para cada problema, resultando no Índice Geral de Fragilidade (IGF). Quanto maior o valor do IGF mais problemático será o Ponto de Estudo (PE) no que diz respeito à drenagem pluvial urbana (STEINER, 2011).

Resultados e discussões

Os Indicadores de Fragilidade dos oito PE's foram analisados e comparados conforme a metodologia deste estudo e estão descritos a abaixo.

O PE-8 ocupa uma área de 0,63 km² e compreende os bairros Santa Bárbara e Centro. Sua área é plana com declividade que varia de 0% até 15%, propiciando o alagamento devido à baixa velocidade de escoamento (STEINER, 2011).

Os pontos de alagamento deste PE ocorrem na junção da rua Abílio de Paulo com a rua Dolário dos Santos e na junção da avenida Centenário com as ruas Henrique Laje e Pedro Beneton, conforme demonstra a Figura 3.



Figura 3. Alagamentos no PE-8: (a) Junção da rua Abílio de Paulo com a rua Dolário dos Santos (Steiner, 2011), (b) Junção da avenida Centenário com a rua Henrique Laje (Engeplus, 2019)

Na junção da rua Abílio de Paulo com a rua Dolário dos Santos ocorre alagamentos devido ao escoamento de água vindo das partes mais altas, pois se trata de um local rebaixado, com bocas de lobo mal projetadas. Já na junção da avenida Centenário com as ruas Henrique Laje e Pedro Beneton, foi observado bocas de lobo entupidas, sendo estas muito próximas ao canal auxiliar, o que demonstra que há falhas na ligação da microdrenagem com o canal. Estes pontos continuam com os mesmos problemas relatados por Steiner (2011).

Os alagamentos se encontram em áreas de movimento intenso de veículos e pedestres, devido a isto, quando ocorrem prejudicam muito a circulação na região. Por se tratar de uma área bem urbanizada, sedimentos e resíduos não afetam a eficiência da drenagem, porém a microdrenagem deste PE é ineficiente, pois existem bocas de lobo entupidas, mal distribuídas e mal dimensionadas.

Os gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos são moderados, pois os alagamentos não afetam de forma direta nenhum destes equipamentos. Devido ao fato de o sistema ser ineficiente operacionalmente, nos pontos de alagamento, o que demanda recursos financeiros para corrigi-los.

O PE-11 ocupa uma área de 0,62 km² e compreende os bairros Operária Nova, Santa Bárbara, Santa Catarina e Centro. A declividade topográfica deste bairro vai até 47%, condicionando um escoamento superficial que contribui para o alagamento dos PE-8 e PE-7 (STEINER, 2011).

Neste PE ocorria apenas alagamento na rua Venceslau Braz, sendo este problema aparentemente solucionado em 2019, pois não foi registrado nenhum alagamento nesta rua após a conclusão do canal auxiliar. Por se tratar de uma área residencial com maior número de terrenos baldios somando com uma declividade média, os sedimentos e resíduos afetam moderadamente a eficiência da drenagem. A microdrenagem deste PE é considerada eficiente por não haver nenhum alagamento.

Os gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos não existem, pois não há alagamento. O sistema é eficiente operacionalmente apesar de não ser o ideal, visto que apresenta pequenas falhas pontuais.

O PE-12 ocupa uma área de 1 km² e compreende os bairros Comerciário, Michel e Centro. Apresenta relevo com declives suaves e ondulados, com exceção de sua área de

montante que corresponde a área do Morro do Céu, onde foi identificada declividade acentuada. (IPAT, 2009).

Os pontos de alagamento mais graves deste PE ocorrem nas ruas: Joaquim Nabuco, Gonçalves Ledo, Melvin Jones, Santa Catarina e Palamede Milioli e na avenida Centenário. Conforme demonstra a Figura 4.



Figura 4. Alagamentos no PE-12: (a) Região da rodoviária (ruas Gonçalves Ledo e Palamede Milioli e avenida Centenário) (Engeplus, 2019), (b) Rua Gonçalves Ledo (Engeplus, 2019).

Segundo IPAT (2018), no alagamento da rua Melvin Jones, bairro Centro, nada foi realizado para melhoramento, ocorrendo inundações em épocas de intensa pluviosidade. O alagamento situado entre a rua Desembargador Pedro Silva e rua Celestino Rovaris, bairro Centro, possui incidência de inundações e nada foi realizado para sanar o problema. O mesmo pode ser dito em 2019.

Os alagamentos se encontram em áreas de movimento intenso de veículos e pedestres, devido a isto, quando ocorrem prejudicam muito a circulação. A falta de planejamento da drenagem é um ponto que chama atenção, principalmente a falta de bocas de lobo, onde a água proveniente das ruas mais altas escorre para a rua Gonçalves Ledo, sem que haja qualquer boca de lobo que impeça que essa água chegue a rua, ou seja, toda a água da região escoar para um único ponto que apresenta microdrenagem ineficiente.

Devido ao intenso movimento da rodoviária, comércio e faculdade, na região, foi observado grande número de resíduos de construção e lixo, o que afeta ainda mais a funcionalidade do sistema que já é crítico.

Neste PE existem gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos, pois os alagamentos afetam a rodoviária. O sistema é ineficiente operacionalmente, principalmente na região da rodoviária, entre a avenida Centenário e Gonçalves Ledo, onde os alagamentos são bem frequentes, por isso os recursos financeiros para corrigir as falhas do sistema são necessárias.

O PE- 13 ocupa uma área de 0,61 km² e compreende os bairros Santa Catarina, Centro e Vera Cruz. Neste PE a declividade vai até 47%, contribuindo para o alagamento do PE 11 e o PE 12 (STEINER, 2011).

Os alagamentos desse PE ocorrem nas ruas: Araranguá e Eugênio de Bona Castelan, conforme demonstra a Figura 5. Esses alagamentos ocorrem pelo extravasa do rio que neste trecho não é mais canalizado subterraneamente.



Figura 5. Alagamentos no PE-12 na rua Araranguá (Engeplus, 2019)

A região dos alagamentos é um local de intenso movimento de veículos, principalmente na rua Araranguá, por isso a interferência no trânsito de veículos e pessoas é grave. O favorecimento de sedimentos existe, devido as obras presentes nos arredores do canal, o que contribui para o seu assoreamento.

Apesar do favorecimento de sedimentos e resíduos neste ponto ser grande, pode-se observar que o rio se encontra menos assoreado e poluído, conforme demonstra as Figuras 6 e 7.

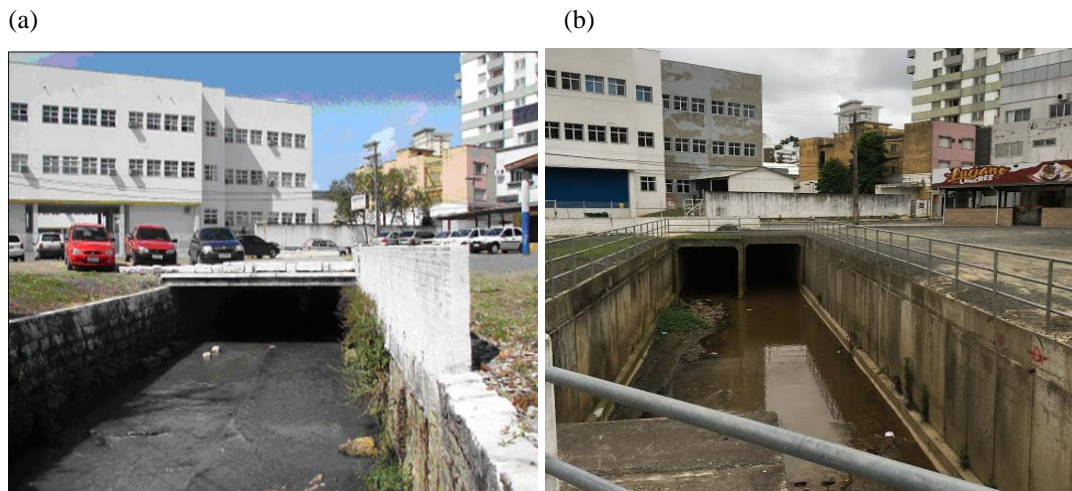


Figura 6. Comparação da situação do Rio Criciúma: (a) Rio Criciúma em 2009 (Fonte: IPAT, 2009), (b) Rio Criciúma em 2019



Figura 7. Comparação da situação do Rio Criciúma: (a) Rio Criciúma em 2009 (Fonte: IPAT, 2009), (b) Rio Criciúma em 2019

Os gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos, acontecem pela presença de uma escola e uma praça na região que são afetadas pelos alagamentos. O sistema é ineficiente operacionalmente, pois o rio transborda nessa região o que não poderia acontecer pois o mesmo foi dimensionado para suportar grandes vazões, além de alguns problemas

pontuais na microdrenagem que também afetam sua eficiência. Apesar do sistema ser ineficiente as falhas são pontuais por isso recursos financeiros para corrigi-las são necessários.

O PE-14 ocupa uma área de 0,9 km² e compreende os bairros São Cristóvão, Centro, Comerciário e Ceará. A topografia é acentuada chegando a ser maior que 100% em alguns pontos, com exceção da parte central da cidade onde são encontrados os pontos mais críticos em relação ao alagamento. O escoamento superficial do PE 14 contribui para o alagamento do PE 15. (STEINER, 2011).

Os alagamentos desse PE ocorrem nas ruas Rui Barbosa, Marechal Deodoro, Princesa Isabel e Seis de Janeiro e na avenida Centenário. Conforme demostram as Figuras 8 e 9.



Figura 8. Alagamentos no PE-14: (a) Rua Marechal Deodoro (Engeplus,2019), (b) Rua Princesa Isabel (Engeplus, 2019)



Figura 9. Alagamentos no PE-14: (a) Avenida Centenário (Engeplus,2019), (b) Rua Seis de Janeiro (Engeplus, 2019)

Este PE apresenta vários pontos críticos de alagamentos, pode-se observar que alguns são devido a problemas pontuais na microdrenagem como é o caso da avenida Centenário, já em outros o problema estrutural é mais complexo.

Na região da rua Coronel Marcos Rovaris e na Avenida Rui Barbosa existem incidência de inundações devido a impermeabilização do solo e ao subdimensionamento de microdrenagem, bem como pela característica topográfica (relevo plano), porem estes pontos de alagamento deixaram de ser pontos críticos com a implantação das obras do Canal Auxiliar ao rio Criciúma. (IPAT, 2018).

Por se tratar da região central da cidade o deslocamento de veículos e pedestres torna-se severamente ineficiente na ocorrência do alagamento. A produção de sedimentos é inexistente pois a área é totalmente urbanizada e pavimentada.

Os gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos são grandes devido ao alto número de pontos de alagamento. O sistema é ineficiente operacionalmente, por isso demanda recursos financeiros para corrigi-lo.

O PE-15 ocupa uma área de 1,32 km² e compreende os bairros Vera Cruz, Lote 6 e Centro. Parte da área apresenta topografia acentuada chegando a ser maior que 100%, contribuindo para o alagamento do PE 17 (STEINER, 2011).

Os alagamentos desse ponto ocorrem nas ruas Marcelo Lodetti e Lauro Muller, conforme demonstra a Figura 10.



Figura 10. Alagamentos no PE-15: (a) Rua Lauro Muller (4oito, 2019), (b) Rua Marcelo Lodetti (4oito, 2019)

Os alagamentos neste ponto são bem pontuais e ocorrem devido a pequenas falhas na microdrenagem, principalmente pela má distribuição das bocas de lobo. Apesar de pontuais esses alagamentos interferem no deslocamento de veículos e pedestres por se encontrarem em uma área de grande movimentação.

Na rua Henrique Lage, bairro Centro, havia incidência de inundações devido ao subdimensionamento da rede de microdrenagem no local. Com as obras do Canal Auxiliar ao rio Criciúma, este problema foi sanado. (IPAT, 2018).

A produção de sedimentos deste PE ocorre devido a declividade acentuada o que contribui para o carregamento de resíduos e sedimentos durante as chuvas intensas.

Os pequenos gastos com manutenção e conservação de equipamentos públicos ocorrem devido a presença de agências públicas na região que são impactadas pelos alagamentos. A ineficiência operacional é pontual, porém ainda demanda recursos financeiros para as correções.

O PE-16 ocupa uma área de 1,88 km² e compreende os bairros Mina Brasil, São Simão, Próspera, Pio Correa e Centro. A declividade varia de 0% a maior que 100%. Nas partes mais íngremes deste PE é observada a presença de vegetações e nascentes, nas outras áreas mais planas a ocorrência de alagamentos (STEINER, 2011).

Os alagamentos nesse PE ocorrem na avenida Humberto de Campos e ruas Augusto dos Anjos, Felipe Schmidt, Mario da Cunha Carneiro, João Cechinel, Itajaí, Guerra Junqueira e Júlio Gaidzinki, conforme demonstra a Figura 11.



Figura 11. Alagamentos no PE-16: (a) Rua João Cechinel e Itajaí (Engeplus, 2019), (b) Rua João Cechinel (Engeplus, 2019)

No entorno da Praça Maria de Assis Góes, foi diagnosticado que a microdrenagem local está subdimensionada, não comportando as vazões das precipitações pluviométricas intensas, ocorrendo inundações. Os problemas de alagamento ao longo da Rua Humberto de Campos sofrem um incremento devido à contribuição das águas pluviais que vertem do Morro Cechinel através da canalização implantada ao longo da via Guerra Junqueira. (IPAT, 2009).

Algumas obras complementares ao canal auxiliar foram executadas na região, porém os mesmos problemas ainda acontecem, mas de forma menos agressiva.

Por se tratar de uma região residencial com declividade acentuada e alto índice de terrenos baldios, elevando a produção de sedimentos, o que contribui ainda mais para agravar os alagamentos. Visto que os alagamentos são intensos e severos na região, quando ocorrem, causam graves complicações no trânsito de pedestres e veículos, gerando muitas vezes prejuízos econômicos para a população afetada, conforme demonstra a Figura 12.



Figura 12. Problemas no deslocamento de veículos e pedestres: (a) Rua Itajaí (Engeplus, 2019), (b) Rua João Cechinel (Engeplus, 2019)

Escolas, praças e vários equipamentos públicos são afetados durante os alagamentos e a ineficiência operacional deste ponto é considerada grave, pois os alagamentos são frequentes, exigindo recursos financeiros para corrigi-los.

O PE-17 ocupa uma área de 1,38 km² e compreende os bairros Lote 6, Cruzeiro do Sul e Mina Brasil. A declividade topográfica em algumas partes do PE 17 ultrapassa a 100% condicionando um escoamento superficial de maneira rápida, contribuindo para o alagamento do PE 16 e PE 15 (STEINER, 2011).

Os alagamentos neste PE eram graves como relatado por IPAT (2009) na Rua Coronel Pedro Benedet pode-se constatar que esta área recebe o escoamento superficial das vias situadas a montante propiciando o acúmulo de água a jusante. O subdimensionamento e a ausência de bocas de lobo são os fatores condicionantes para as formações das inundações em épocas de precipitação pluviométricas intensas.

Porem em 2019, segundo os comerciantes locais, os alagamentos não ocorrem mais neste ponto a água apenas cobre o nível da rua, conforme demonstra a Figura 13. Além disso o escoamento da água ocorre de forma rápida, o que demonstra que as obras do canal auxiliar minimizaram os problemas apresentados.



Figura 13. Acúmulo de água na rua Coronel Pedro Benedet (2019)

A produção de sedimentos não ocorre devido a área ser totalmente pavimentada. O sistema de microdrenagem é eficiente, apenas apresenta algumas pequenas falhas pontuais. Como não há presença de alagamentos, não há gastos com manutenção e conservação de equipamentos públicos.

A tabela 2 mostra o resultado da aplicação dos Índices de Fragilidade do Sistema obtidos em 2011 e em 2019.

Tabela 2. Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS)

Indicadores	PE-08		PE-11		PE-12		PE-13		PE-14		PE-15		PE-16		PE-17	
	2011	2019	2011	2019	2011	2019	2011	2019	2011	2019	2011	2019	2011	2019	2011	2019
Ineficiência do escoamento nas vias	1	1	0	0	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0	0	1	1	0	0
Ineficiência dos dispositivos de coleta	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Interferência inadequada no trânsito de veículos	1	1	0,5	0	1	1	0,5	0,5	1	1	1	0,5	1	1	0,5	0,5
Interferência inadequada no movimento de pedestres	1	1	0,5	0	1	1	0,5	0,5	1	1	1	0,5	1	1	0,5	0
Redução da vida útil dos pavimentos e acessos	0	0	0,5	0	0,5	0,5	0	0	1	1	0,5	0,5	1	1	0	0
Índice de Fragilidade – Tecnológico (x2)	8	8	5	1	8	8	4	3	9	9	7	4	10	10	4	2
Degradação física dos terrenos	0	0	0,5	0,5	0	0	1	0,5	0	0	1	1	1	1	1	1
Favorecimento da produção de sedimentos	0	0	0,5	0,5	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ocorrência de alagamentos	1	1	0,5	0	1	1	0,5	0,5	1	1	1	0,5	1	1	0,5	0
Contribuição para o alagamento de outro PE	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Deposição de resíduos gerais nas vias públicas	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Assoreamento do corpo receptor	1	0,5	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Índice de Fragilidade – Ambiental (x3)	7,5	4,5	12	9	10,5	9	12	10,5	10,5	10,5	13,5	12	13,5	13,5	12	10,5
Elevação dos gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos	1	0,5	0	0	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1	0	0
Aumento da demanda de recursos financeiros para implantação de obras	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	0
Ineficiência operacional	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5
Índice de Fragilidade – Institucional (x1)	3	2,5	2	1	3	3	3	2,5	3	3	3	2,5	3	3	2	0,5
Índice Geral de Fragilidade	18,5	15	19	11	21,5	20	19	16	22,5	22,5	23,5	18,5	26,5	26,5	18	13

Pode-se verificar que os IFS diminuíram em todos os PE analisados no presente estudo, quando comparados com os obtidos por Steiner (2011), como demonstra o Figura 14

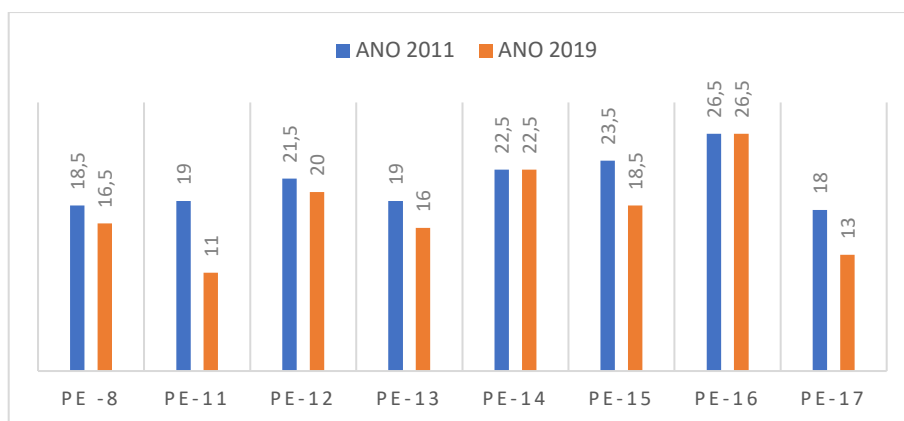


Figura 14. Comparação dos IFS obtidos em 2011 e 2019.

Apenas os PE 14 e 16 mantiveram o mesmo IFS, isto ocorreu devido a continuidade de alagamentos nos mesmos pontos críticos. Se pode observar que a intensidade destes alagamentos diminuiu e só ocorrem em precipitações muito altas. A melhora expressiva ocorreu nos PE 11 e chegando a 20,9 % no PE 13, que representa a melhora mais significativa do estudo. Nos PE 8, 13 e 15, houve melhora, porem alguns problemas ainda são encontrados.

Analisando mais a fundo o motivo da queda dos IFS, percebeu-se que os pontos que tiveram diminuição no número de alagamentos tiveram drástica redução nos fatores tecnológicos, conforme Figura 15.

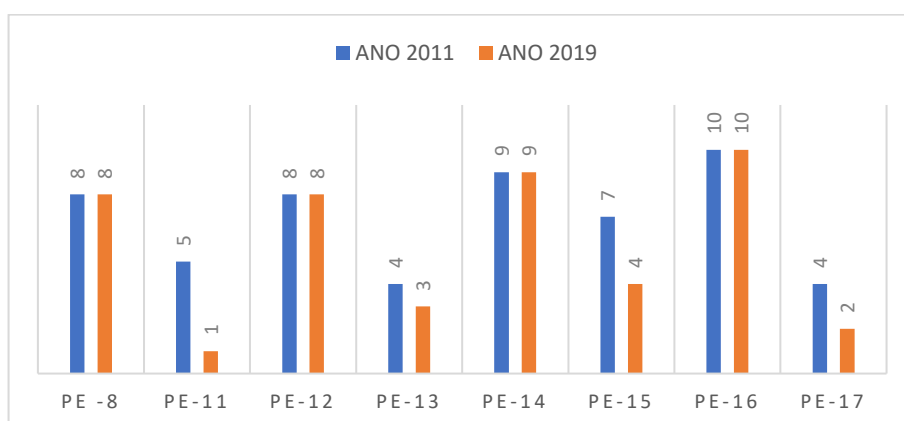


Figura 15. Comparação dos IFS tecnológicos obtidos em 2011 e 2019.

Nos pontos PE's 11, 13, 15 e 17, houve impacto direto do canal auxiliar na diminuição dos alagamentos, o que se reflete nos indicadores tecnológicos, que dizem respeito as condições do ponto em meio a um alagamento. Os alagamentos diminuíram, consequentemente estes indicadores também. Nos demais pontos, como ainda existe a incidência de alagamentos os indicadores permaneceram iguais. Outro ponto a se observar é que os PE's que apresentaram melhoria já eram menos problemáticos, pois apresentavam indicadores mais baixos. O que demonstra que os PE's onde os indicadores permaneceram iguais, continuam com problemas graves.

Nos fatores ambientais foi observado uma estabilidade nos IFS, conforme demonstra o Figura 16.

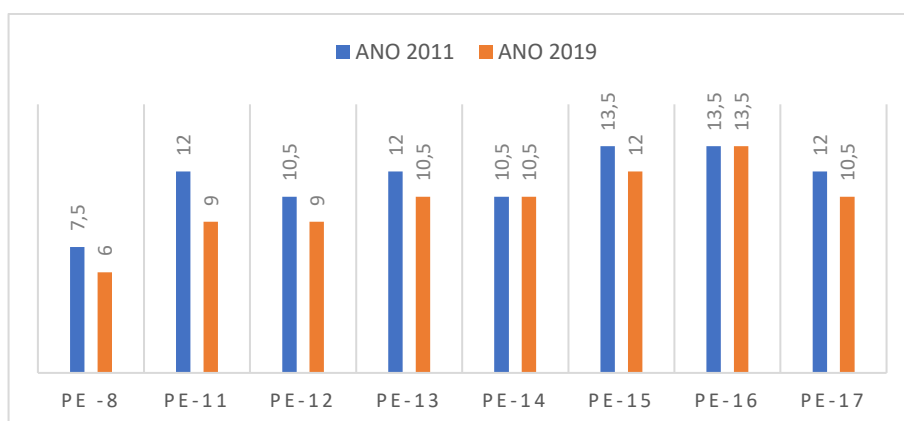


Figura 16. Comparação dos IFS ambientais obtidos em 2011 e 2019.

Nos fatores ambientais analisa-se as características que não dependem do sistema de drenagem, exceto o indicador da ocorrência de alagamentos. O que explica a estabilidade destes indicadores, pois fatores como: degradação física dos terrenos, favorecimento da produção de sedimentos, contribuição para o alagamento de outro PE não sofreram mudanças por se tratarem de características ambientais do local, que não mudam expressivamente com o tempo.

Os IFS de natureza institucional apresentaram redução apenas nos PE em que houve redução no número de alagamentos, que por consequência tem menos gastos para corrigir as falhas, conservar e manter o sistema de drenagem. O Figura 17 demonstra esta redução.

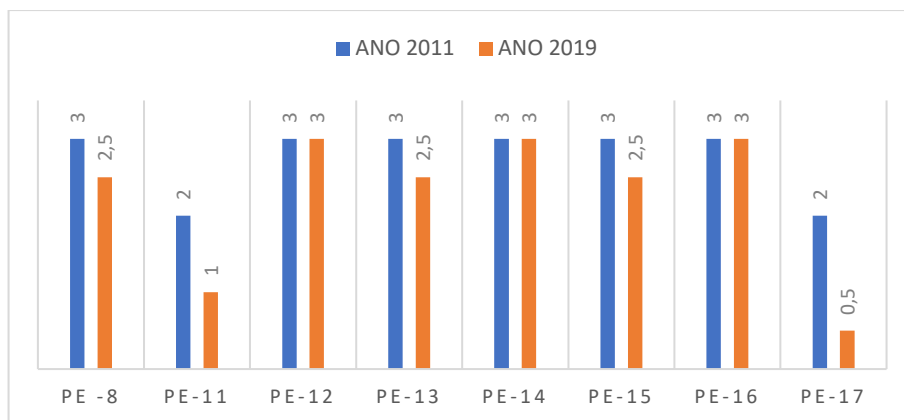


Figura 17. Comparação dos IFS institucionais obtidos em 2011 e 2019.

Conclusões

A aplicação dos Indicadores de Fragilidade do Sistema pode demonstrar que o município de Criciúma não apresenta homogeneidade nos diferentes pontos de estudo. Em comparativo com 2011 há PE's que continuam ineficientes e outros que apresentaram melhora significativa. Esta melhoria está relacionada com as obras de drenagem que foram efetuadas no município, principalmente o canal auxiliar do rio Criciúma.

O canal auxiliar trouxe benefícios, observados através da redução/solução dos alagamentos em alguns pontos. Porém ainda existem falhas no sistema a serem melhoradas, tais como: número de bocas de lobo insuficientes, sistema subdimensionado, poluição, baixa declividade entre outros. Além das obras necessárias para corrigir as falhas apontadas a conservação dos equipamentos de drenagem deve ser periódica e não ser apenas uma ação corretiva, só assim se terá um sistema eficiente que não cause prejuízos à população.

Referencias

ADAMI, Rose Maria. **Rio Criciúma, o rio que a cidade escondeu** – significados e representações na paisagem. Criciúma: UNESC, 2015. 208p.

BACK, Álvaro José. **Chuvvas intensas e chuva para dimensionamento de estruturas de drenagem para o Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2013. 193p.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 302p.

CETESB. **Drenagem Urbana: manual de projeto**. 3 ed. São Paulo: CETESB, 1986. 451p.

IPAT/UNESC. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas/ Universidade do Extremo Sul Catarinense. **Diagnóstico Ambiental do Rio Criciúma**, Criciúma, Santa Catarina. Criciúma, 2012. 130p.

IPAT/UNESC. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas/ Universidade do Extremo Sul Catarinense. **Plano Integrado de Saneamento Básico de Criciúma-SC** - Diagnóstico do Sistema de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas, Criciúma, Santa Catarina. Criciúma, 2009. 171p.

IPAT/UNESC. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas/ Universidade do Extremo Sul Catarinense. **Revisão do Plano Integrado de Saneamento Básico de Criciúma-SC** – Revisão do Diagnóstico do Sistema de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas, Criciúma, Santa Catarina. Criciúma, 2018. 144p.

OLIVEIRA, Tadeu de Souza. **Canal auxiliar de Criciúma**: impactos nas atividades de engenharia e arquitetura. 2015. 77 slides.

PROSUL, **Projetos, Supervisão e Planejamento Ltda. Projeto de Macrodrenagem Do Rio Criciúma – Diagnóstico**. 2009. 118p.

SILVA, Bruno, Jardim et al, **O Componente Drenagem Urbana no Plano Municipal de Saneamento Ambiental de Alagoinhas**, Bahia 2004.

STEINER, Laura. **Avaliação do sistema de drenagem pluvial urbana com aplicação do índice de fragilidade. Estudo de caso: microbacia do Rio Criciúma - SC**. Criciúma: TCC (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade do Extremo Sul Catarinense 2011. 105p.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 943p.

TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995. 427p.